

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 01 » марта 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Введение в механику жидкости
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика
(код и наименование направления)

Направленность: Хемобиодинамика и биоинформатика
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины “Механика жидкости и газа” является – освоение базовых знаний в области механики жидкости и газа, получение представления о модели сплошной среды, методах изучения движения жидкостей, методах решения задач механики жидкости.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет, углубляет и демонстрирует следующие профессиональные компетенции:

- способность ставить и решать междисциплинарные задачи математического моделирования объектов и процессов на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики (ПК-1.5).

Задачами освоения дисциплины являются: изучение студентами теории описания гидродинамических процессов, методов их экспериментального и численного исследования, а также приложения теории к описанию различных природных и технологических задач.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

идеальная жидкость, внутренние и гравитационные волны, вязкая жидкость, пограничный слой, турбулентность, капиллярные явления, течение жидкости в пористой среде, ячейка Хелле-Шоу.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.5	ИД-1ПК-1.5	Знает понятия сплошной среды, вязкой и невязкой, сжимаемой и несжимаемой жидкости, стационарных и нестационарных течений; методы описания и исследования сплошной среды; основные уравнения в частных производных, описывающие движение вязкой и невязкой жидкости; описание начальных и граничных условий; основные интегралы уравнений движения; основные безразмерные комплексы	Знает классические результаты и последние достижения в механике жидкости, физико-химической гидродинамике, геномики и биоинформатике;	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.5	ИД-2ПК-1.5	Умеет выбирать для исследуемой задачи гидродинамическую модель течения жидкости, формулировать для рассматриваемой гидродинамической задачи краевую задачу математической физики, применять методы математического анализа и математической физики при решении краевых задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных, проводить анализ полученного решения, включая построение графиков и визуализацию течения	Умеет обосновывать выбор и творчески применять современные методы математического моделирования объектов и процессов на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики;	Индивидуальное задание
ПК-1.5	ИД-3ПК-1.5	Владеет общенаучными базовыми знаниями в области механики жидкости и газа, представлением о методах решения задач механики жидкости и газа	Владеет навыками разработки и анализа новых математических моделей сложных систем и процессов для междисциплинарных задач, сформулированных на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики.	Дифференцированный зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
1-й семестр				
Динамика идеальной жидкости	4	0	12	15
Тема 1. Уравнения движения идеальной жидкости. Закон сохранения массы. Несжимаемая жидкость. Уравнение Эйлера. Изэнтропическое движение. Уравнение Бернулли. Уравнения в интегральной форме: поток импульса, поток энергии. Тема 2. Циркуляция (вихрь) скорости. Теорема Томсона. Потенциальное движение. Функция тока. Комплексный потенциал простейших потоков. Обтекание бесконечного цилиндра. Парадокс Даламбера. Движение бесконечного цилиндра. Тема 3. Гравитационные волны на поверхности жидкости. Тема 4. Поверхностные явления. Формула Лапласа. Капиллярно-гравитационные волны.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Динамика вязкой жидкости	6	0	14	15
Тема 5. Уравнение Навье – Стокса для несжимаемой жидкости. Гидродинамические законы подобия. Тема 6. Точные решения уравнения Навье – Стокса при ламинарном течении жидкости. Течение Куэтта. Течение Пуазейля. Движение жидкости между вращающимися цилиндрами. Течение в конфузоре. Тема 7. Течение при малых числах Рейнольдса. Формула Стокса. Колебательное движение в вязкой жидкости. Тема 8. Ламинарный пограничный слой. Задача Блаузиуса. Приближенные методы в теории ламинарного пограничного слоя. Явление отрыва пограничного слоя. Увлечение жидкости вращающимся диском.				
Турбулентность	4	0	4	12
Тема 9. Турбулентность. Понятие устойчивости равновесия и движения жидкости. Устойчивость тангенциальных разрывов. Неустойчивости Рэля-Тейлора и Кельвина-Гельмгольца. Турбулентность. Опыт Рейнольдса. Уравнения Рейнольдса. Турбулентный перенос тепла и вещества. Полуэмпирические теории турбулентности. Профиль скорости в пограничном слое. Логарифмический закон.				
Тепломассоперенос	2	0	6	12
Тема 10. Свободная конвекция несжимаемой жидкости. Закон Фурье. Уравнение теплопроводности. Уравнения свободной конвекции. Конвективное течение в вертикальном слое. Тема 11. Иные виды конвекции. Концентрационная конвекция. Конвекция Марангони. Тема 12. Разные вопросы. Фильтрация в пористой среде. Ячейка Хелле-Шоу.				
ИТОГО по 1-му семестру	16	0	36	54
ИТОГО по дисциплине	16	0	36	54

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Потенциальное движение (тема 2)
2	Функция тока (тема 2)

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
3	Комплексный потенциал простейших потоков (тема 2)
4	Обтекание бесконечного цилиндра. Движение бесконечного цилиндра (тема 2)
5	Гравитационные волны на поверхности жидкости (тема 3)
6	Капиллярно-гравитационные волны (тема 4)
7	Точные решения уравнения Навье – Стокса при ламинарном течении жидкости. Течение Куэтта (тема 6)
8	Точные решения уравнения Навье – Стокса при ламинарном течении жидкости. Течение Пуазейля (тема 6)
9	Точные решения уравнения Навье – Стокса при ламинарном течении жидкости. Движение жидкости между вращающимися цилиндрами (тема 6)
10	Точные решения уравнения Навье – Стокса при ламинарном течении жидкости. Течение в конфузоре (тема 6)
11	Течение при малых числах Рейнольдса. Формула Стокса (тема 7)
12	Течение при малых числах Рейнольдса. Колебательное движение в вязкой жидкости (тема 7)
13	Модели турбулентности (тема 9)
14	Модели турбулентности (тема 9)
15	Тепловая конвекция (тема 10)
16	Концентрационная конвекция (тема 11)
17	Конвекция Марангони (тема 11)
18	Фильтрация в пористой среде. Ячейка Хелле-Шоу (тема 12)

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Гидродинамика и теплообмен. - Пермь: , Изд-во ПГТУ, 2007. - (Физика : учебное пособие; Ч. 4).	47
2	Гидродинамика и теплообмен. - Пермь: , Изд-во ПГТУ, 2011. - (Общая физика : учебное пособие; Ч. 4).	80
3	Гидродинамика. - Москва: , Наука, Физматлит, 1988. - (Теоретическая физика : учебное пособие для вузов : в 10 т.; Т. 6).	15
4	Колесниченко И. В. Введение в механику несжимаемой жидкости : учебное пособие / И. В. Колесниченко, А. Н. Шарифулин. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2019.	5
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Бреховских Л. М. Введение в механику сплошных сред : в приложении к теории волн / Л. М. Бреховских, В. В. Гончаров. - М.: Наука, 1982.	2
2	Валуева Е. П. Введение в механику жидкости : учебное пособие для вузов / Е. П. Валуева, В. Г. Свиридов. - Москва: Изд-во МЭИ, 2001.	22
2.2. Периодические издания		
1	Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа : научный журнал / Российская академия наук. - Москва: Наука, 1966 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Биркгоф Г. Гидродинамика. М.: Из-во иностранной литературы, 1963	http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. М.: Мир, 1973	http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Гершуни Г.З., Жуховицкий Е.М. Конвективная устойчивость несжимаемой жидкости. М.: Наука, 1972	http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика, Часть 1 b 2 (6-е издание). М.: Физматлит,	http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Ламб Г. Гидродинамика. М.-Л.: Гос. изд. технико-теоретической литературы, 1947	http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Левич В.Г. Физико-химическая гидродинамика (2-е издание). М.: Физматлит, 1959	http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М.-Л.: Гостехиздат, 1950	http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Слезкин Н.А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. М.: ГИТТЛ, 1955	http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mechanics/fluid.htm	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Elsevier "Freedom Collection"	https://www.elsevier.com/

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Springer Nature e-books	http://link.springer.com/ http://jwww.springerprotocols.com/ http://materials.springer.com/ http://zbmath.org/ http://npg.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Аудитория, оборудованная электронным проектором и экраном	1
Лекция	Ноутбук	1
Практическое занятие	Аудитория, оборудованная электронным проектором и экраном	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования



«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

УТВЕРЖДЕНО
на заседании кафедры ПФ
протокол №__ от __.__. 2019 г.
Заведующий кафедрой
_____ Д.А.Брацун

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

(приложение к рабочей программе дисциплины)

Дисциплина: Введение в механику жидкости

Форма обучения: очная

Уровень высшего образования: магистратура

Общая трудоёмкость: 108 ч (3Е)

Направление подготовки: 01.04.02 Прикладная математика и информатика

Профиль программы: Хемобиодинамика и биоинформатика

Выпускающая кафедра: Прикладной физики

Курс: 1 **Семестр:** 1

Форма промежуточной аттестации: Зачет, 1

Пермь 2023

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Введение в механику жидкости» и разработан на основании:

- положения о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ, утвержденного «29» апреля 2014 г.;
- приказа ПНИПУ от 03.12.2015 № 3363-В «О введении структуры ФОС»;
- рабочей программы дисциплины «Введение в механику жидкости», утвержденной __.__. 2019 г.

1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

1.1. Формируемые части компетенций

Согласно КМВ ОПОП учебная дисциплина «Введение в механику жидкости» участвует в формировании компетенции **ПК-1.5**: способность ставить и решать междисциплинарные задачи математического моделирования объектов и процессов на стыке механики жидкости, химии, биологии и информатики.

1.2. Этапы формирования дисциплинарных частей компетенций, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (1-го семестра базового учебного плана) и разбито на 4 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по практическим занятиям и индивидуальным работам. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий		Рубежный			Промежуточный
	Реф.	ПЗ	КР	ИЗ	ОПЗ	Экзамен
Усвоенные знания (знает):						
3.1 - понятия сплошной среды, идеальной и вязкой, сжимаемой и несжимаемой жидкости, стационарных и нестационарных течений;	Реф.	ПЗ по темам 2-9	КР			ТВ
3.2 - методы описания и исследования сплошной		ПЗ	КР			ТВ

среды;		по темам 2-12				
3.3 - основные уравнения в частных производных, описывающие движение вязкой и невязкой жидкости;		ПЗ по темам 2-12	КР			ТВ
3.4 - описание начальных и граничных условий;		ПЗ по темам 2-12	КР			ТВ
3.5 - основные интегралы уравнений движения;		ПЗ по темам 2-12	КР			ТВ
3.6 - основные безразмерные комплексы;		ПЗ по темам 2-12	КР			ТВ
Умеет:						
У.1 - выбирать для исследуемой задачи гидродинамическую модель течения жидкости;				ИЗ	ОПЗ	КЗ
У.2 - формулировать для рассматриваемой гидродинамической задачи краевую задачу математической физики;				ИЗ	ОПЗ	КЗ
У.3 - применять методы математического анализа и математической физики при решении краевых задач для систем обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных;				ИЗ	ОПЗ	КЗ
У.4 - проводить анализ полученного решения, включая построение графиков и визуализацию течения				ИЗ	ОПЗ	КЗ
Владеет:						
В.1 - общенаучными базовыми знаниями в области механики жидкости и газа;				ИЗ	ОПЗ	КЗ
В.2 - представлением о методах решения задач механики жидкости и газа;				ИЗ	ОПЗ	КЗ

ПЗ – текущий контроль в форме проверки результатов выполнения заданий практических занятий; ОПЗ – рубежный контроль в форме проверки отчётов по практическим занятиям; ИЗ – рубежный контроль в форме проверки отчётов по индивидуальным заданиям, ТВ – теоретический вопрос экзамена; КЗ – комплексное задание экзамена..

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль проводится по каждой теме для оценки усвоения дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) в форме проверки результатов выполнения задания практических занятий. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графика учебного процесса, приведенного в РПД, в форме отчетов по практическим занятиям и защиты отчетов по индивидуальным заданиям.

2.2.1. Защита отчетов по практическим занятиям

Всего запланировано 1 отчет по результатам практических занятий. Типовые темы практических занятий приведены в РПД.

Защита отчета проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС программы магистратуры.

2.2.2. Защита отчетов по индивидуальным заданиям

Всего запланировано 1 индивидуальное задание. Индивидуальное задание предназначено для проверки освоения ЗУВ по нескольким взаимосвязанным темам. Типовые темы индивидуальных заданий приведены в РПД.

Защита отчета по индивидуальному заданию проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС программы магистратуры.

2.2.3. Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Динамика идеальной жидкости», вторая КР – по модулю 2 «Динамика вязкой жидкости».

Типовые задания первой КР:

1. Закон сохранения энергии в интегральной и дифференциальной форме
2. Связь между потенциалом течения и его функцией тока.
3. Комплексные потенциалы простейших потоков.
4. Основные характеристики вихревых движений идеальной жидкости.

Типовые задания второй КР:

1. Точные решения системы уравнений вязкой жидкости.
2. Запись уравнений гидромеханики вязкой жидкости в безразмерном виде.
3. Подобие течений вязкой жидкости.
4. Течение вязкой жидкости при малых числах Рейнольдса.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС магистерской программы.

2.3. Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех отчетов по практическим занятиям и индивидуальным заданиям и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса (ТВ) для проверки усвоенных знаний и одно комплексное практическое задание (КЗ) для контроля уровня усвоенных умений и приобретенных владений всех заявленных дисциплинарных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролируемые уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС магистерской программы.

2.3.1. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Уравнение Навье-Стокса.
2. Отличие постановки начально-краевых задач для вязкой и идеальной жидкости.
3. Точные решения системы уравнений вязкой жидкости.
4. Запись уравнений гидромеханики вязкой жидкости в безразмерном виде.
5. Подобие течений вязкой жидкости.
6. Критерии подобия. Их физический смысл.
7. Течение вязкой жидкости при больших числах Рейнольдса.
8. Уравнений Прандтля ламинарного пограничного слоя.
9. Течение вязкой жидкости при малых числах Рейнольдса.
10. Характеристика режимов течения жидкости.
11. Полуэмпирические теории турбулентности.
12. Модели идеальной и вязкой жидкости.
13. Плоское движение.
14. Дивергенция скорости. Физический смысл дивергенции скорости.
15. Ускорение циркуляции. Теорема Томпсона
16. Понятие и важнейшие свойства функции тока.
17. Понятие и важнейшие свойства потенциала скорости.
18. Тензоры напряжений для идеальной и вязкой жидкости.
19. Интегральная запись закона количества движения.
20. Уравнения движения сплошной среды в напряжениях.
21. Закон сохранения энергии в интегральной и дифференциальной форме
22. Связь между потенциалом течения и его функцией тока.
23. Комплексные потенциалы простейших потоков.
24. Основные характеристики вихревых движений идеальной жидкости.
25. Теорема Бьеркнеса об ускорении циркуляции.
26. Система уравнений вязкой жидкости и постановка задач для нее.
27. Общие свойства движения вязкой жидкости.

Типовые комплексные задания для контроля усвоенных умений и при-

обретенных владений:

1. Сформулировать краевую задачу для исследуемой гидродинамической проблемы.
2. Формулировка краевой задачи для плоских течений несжимаемой жидкости в терминах функции тока.
3. Привести уравнения конвекции к безразмерному виду.

Полный перечень теоретических вопросов и комплексных практических заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.

2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС магистерской программы.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и дисциплинарных компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций приведены в общей части ФОС программы магистратуры.

3.2. Оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС программы магистратуры.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС программы магистратуры.

Типовые индивидуальные задания для проверки умений и владений

Проверяемые результаты обучения: $y1 - y4$; $v1 - v2$

Индивидуальные задания представляют собой развернутую презентацию на тему семинарского занятия и включают в себя реферат по избранной теме. Список типовых тем:

- Гравитационные волны на поверхности жидкости.
- Гидродинамические законы подобия.
- Точные решения уравнения Навье – Стокса при ламинарном течении жидкости.
- Течение при малых числах Рейнольдса. Формула Стокса.
- Фильтрация в пористой среде.
- Ячейка Хелле-Шоу.
- Ламинарный пограничный слой.
- Полуэмпирические модели турбулентности.
- Тепловая конвекция.
- Термокапиллярная конвекция.

Критерии оценки индивидуальных заданий

Оценка «отлично» ставится, если в работе достигнуты все результаты, указанные в задании, для их достижения использованы эффективные методы и адекватные программные средства, отчет по работе содержит все необходимые разделы, а качество его оформления соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил отличное владение материалом работы и способность аргументировано отвечать на поставленные вопросы по теме работы.

Оценка «хорошо» ставится, если в работе достигнуты все результаты, указанные в задании, для их достижения использованы допустимые методы и программные средства, отчет по работе содержит все необходимые разделы, а качество его оформления соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил хорошее владение материалом работы и способность отвечать на все поставленные вопросы по теме работы.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если в работе с использованием произвольных средств и методов достигнуты основные результаты, указанные в задании, качество оформления отчета в основном соответствует установленным в вузе требованиям и при защите студент проявил удовлетворительное владение материалом работы и способность отвечать на большинство поставленных вопросов по теме работы.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если в работе не достигнуты основные результаты, указанные в задании или качество оформления отчета не соответствует установленным в вузе требованиям, или при защите студент проявил неудовлетворительное владение материалом работы и не смог ответить на большинство поставленных вопросов по теме работы.